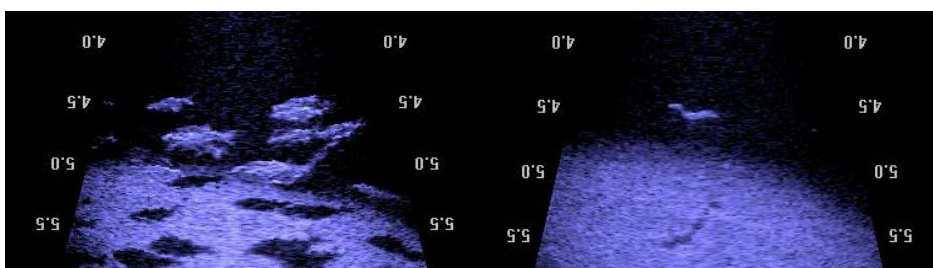


# Nulmeting visbeheer Houtribdijk spui: DIDSON metingen

A.B. Griffioen, O.A. van Keeken, D. Burggraaf & H.V. Winter  
Rapport C161/12



# IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat Waterdienst  
Postbus 17  
8200 AA Lelystad

Publicatiedatum:

16 januari 2013

**IMARES is:**

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 68 1970 AB IJmuiden Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 26 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 77 4400 AB Yerseke Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 59 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 57 1780 AB Den Helder Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)223 63 06 87 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 167 1790 AD Den Burg Texel Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 62 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl
---	--	---	--

© 2012 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO  
KvKnr. 09098104,  
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A\_4\_3\_1-V12.3

## Inhoudsopgave

Inhoudsopgave .....	3
Samenvatting .....	4
1     Inleiding .....	5
2     Kennisvraag .....	5
3     Methoden .....	6
3.1   DIDSON .....	6
3.2   Metingen bij Houtribdijk 2011 en 2012 .....	7
3.3   Analyse gegevens .....	8
3.3.1   Vis observaties .....	8
3.3.2   Tellingen voor kleine vis – minimum schatting .....	9
3.3.3   Analyse stroomsnelheden en volume bepaling .....	9
3.3.4   Analyse visgegevens vanuit monitoringsprogramma's .....	10
4     Resultaten .....	12
4.1   metingen .....	12
4.2   Vis waarnemingen .....	14
4.2.1   Soortenrijkdom .....	14
4.2.2   Viswaarnemingen .....	14
4.2.3   Visdichtheden in relatie tot stroomsnelheid .....	15
4.2.4   Gedrag van Aal .....	16
4.2.5   Gedrag van brasem .....	18
4.2.6   Gedrag van grotere vis .....	21
4.3   Monitoringsgegevens .....	22
5     Discussie & aanbevelingen .....	24
5.1   Migratie en monitoringsgegevens .....	24
5.2   Stroomsnelheden en migratie .....	24
5.2.1   Uitspoeling van kleinere vis .....	24
5.3   Migratiemogelijkheden .....	25
5.4   Aanbevelingen beheer op basis van migratie gedrag .....	26
6     Kwaliteitsborging .....	28
Referenties .....	29
Verantwoording .....	30

## Samenvatting

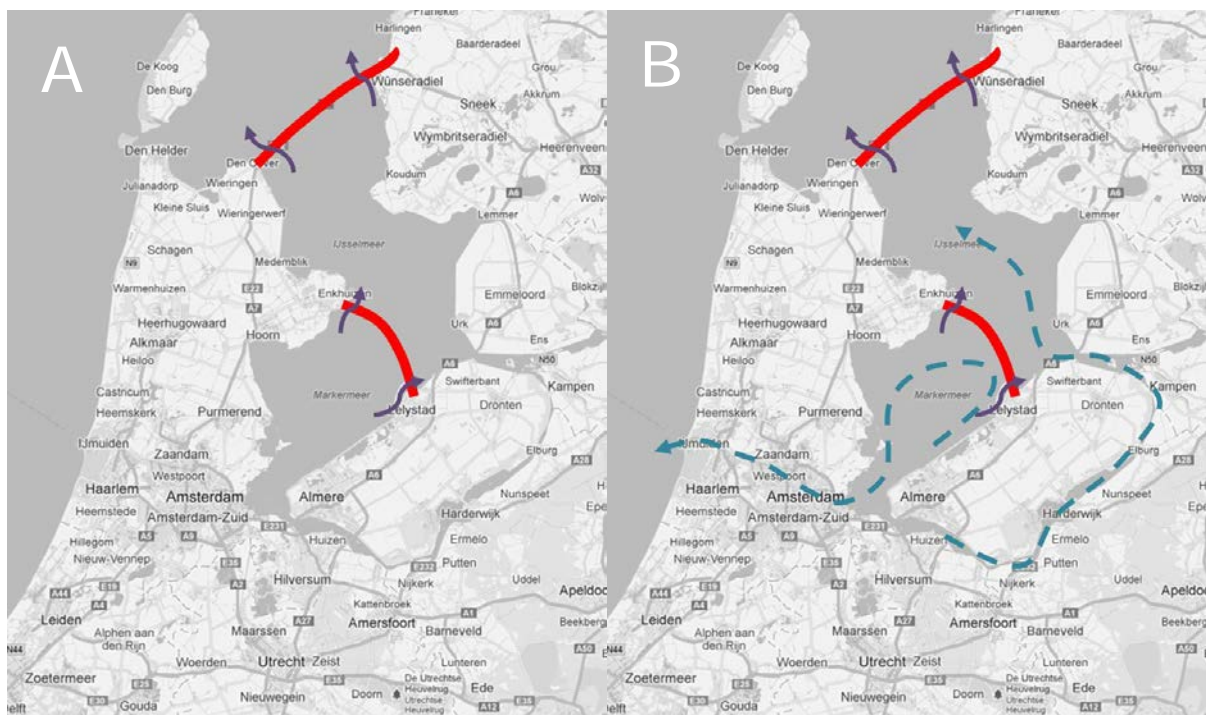
In het najaar van 2011 en het voor- en najaar van 2012 zijn bij de spuisluisen nabij Lelystad gedurende 11 dagen opnames van vissen gemaakt met een akoestische camera: de DIDSON. De opnames zijn bij geopende stand van de spuisluisen gemaakt om inzicht te krijgen in het migratiegedrag van vis door de spuisluisen.

Op basis van de resultaten van deze studie kan worden geconcludeerd dat vissen de spuikokers gebruiken om van het ene naar het andere meer te komen. De resultaten duiden zowel op gerichte migratie als dispersie. Gerichte migratie betrof meestal geringe aantallen vis. Er zijn geen grootschalige gerichte vismigraties waargenomen, maar kortstondige pieken in migratie kunnen door het beperkt aantal meetdagen gemist zijn. De gemiddelde dichtheden vis die werden waargenomen met de DIDSON in het najaar zijn een factor 1.4 - 37 lager dan de berekende dichtheden die gevonden worden in de reguliere monitoringprogramma's van het IJsselmeer en het Markermeer in het najaar. Voor grotere vis zijn gerichte migratiebewegingen waargenomen zowel met de stroom mee als tegen de stroom in. Vooral brasem in het voorjaar en aal in het najaar vertoonden gerichte migratiebewegingen door de spuikokers. Kleine vis (~10 cm) liet zich tijdens alle metingen, al dan niet passief, meevoeren met de stroming. 23% van de waargenomen grotere vis had moeite om hun gerichte migratie voort te zetten door de hoge stroomsnelheden. Van de grotere vis had 36% een gerichte migratie tegen de stroom in en 19% met de stroom mee. Het sluiscomplex bij de Houtribdijk was in de voorjaren 2009 – 2011 in 12.6 – 22.5% (range over de jaren) van de dagen passeerbaar voor vis en in 20.9 – 39.6% van de dagen in het najaar.

Aanbevolen wordt om migratiemogelijkheden te verbeteren in zowel het voorjaar als in het najaar door tijdens gering peilverschil spuikokers te openen. Op deze manier is de kans groter dat de geboden migratiemogelijkheden aansluiten bij de natuurlijke migratieperiodes van vis. In het najaar betekent dit dat het aanbieden van migratiemogelijkheden vooral plaats zal moeten vinden in de avonduren, gezien de trek van aal met name dan plaatsvindt. Gezien het aantal individuen dat moeite leek te hebben met de stroomsnelheid is het zaak om te spuien met lagere peilverschillen tussen het Markermeer en het IJsselmeer. Het is onbekend of een lage stand van de spuikoker deuren (bijvoorbeeld stand 1: 1 meter boven de drempel) negatieve effecten heeft op de migratie van aal. Een telemetrie studie naar de uitrek van aal in het Markermeer kan inzicht geven in belangrijke migratie routes, belemmeringen tijdens de uittrek en het gebruik van alternatieve routes bij blokkades.

## 1 Inleiding

In het kader van de invoering van de KRW-maatregel visvriendelijk sluisbeheer op de sluiscomplexen Houtribsluis en Krabbersgat sluis is een veldonderzoek op de spuilsuizen van de Houtribsluis uitgevoerd om de nulsituatie voor vis migratie door de spuilsuizen vast te leggen. Sinds 1932 is de Zuiderzee afgesloten van de Waddenzee door de Afsluitdijk en in 1976 is de aanleg van de Houtribdijk afgerond die het Markermeer afslot van het IJsselmeer. De aanleg van beide dijken zijn van invloed op het visbestand in het IJsselmeer en Markermeer. De intrek en uitrek van migrerende vis wordt beperkt en of vertraagd door de aanwezigheid van de dijken. Ook is door de aanwezigheid van de dijken de uitwisseling van vis beperkt en afhankelijk van sluisbeheer. Voor deze studie zijn in de periode november 2011 tot oktober 2012 tijdens 11 dagen verspreid over het jaar vis migratiemetingen gedaan bij spijkoker 1 met de akoestische camera "DIDSON" (<http://www.soundmetrics.com/>).



*Figuur 1 A De locaties van de Afsluitdijk en de Houtribdijk. De pijlen in de figuur geven migratieroutes weer die door migrerende vis gebruikt kunnen worden, waar de complexen dat toelaten. B Alternatieve routes voor migrerende vis wanneer de Houtribdijk gesloten is.*

## 2 Kennisvraag

De kennisvragen die met dit onderzoek worden beantwoord zijn:

- Hoeveel vis passeert onder de huidige beheers omstandigheden spijkoker 1 nabij Lelystad op weg van het Markermeer naar het IJsselmeer en andersom,?
- Verhouden deze gegevens zich met de resultaten zoals die gevonden worden in de reguliere monitoringsprogramma's in het najaar van het IJsselmeer en Markermeer voor visaanwezigheid?
- Wat is het gedrag van vis tijdens actieve migratie bij spijkoker 1 in relatie tot bijvoorbeeld seizoen, tijd van de dag, stroomsnelheid.

### 3 Methoden

#### 3.1 DIDSON

Metingen hebben plaatsgevonden met een DIDSON apparaat (Figuur 2, links). DIDSON staat voor "Dual frequency IDentification SONar" en is een hoge resolutie sonar dat akoestiek (geluid) gebruikt om akoestische beelden mee te maken met veel meer detail dan de conventionele sonars. Met de DIDSON bestaat de mogelijkheid beelden te maken van visgedrag nabij bijvoorbeeld sluizen, turbines of visnetten in troebel water of zelf 's nachts. Mogelijkheden bestaan om individuele lengtes van de vissen te meten en vissen, mits deze groot genoeg ( $>25$  cm) zijn, op soort te brengen. In veel gevallen zitten aan het op soort brengen van vissen wel beperkingen. De DIDSON werkt op twee frequenties en kan beelden maken van objecten tussen 1 m en 30 m afstand van de DIDSON.

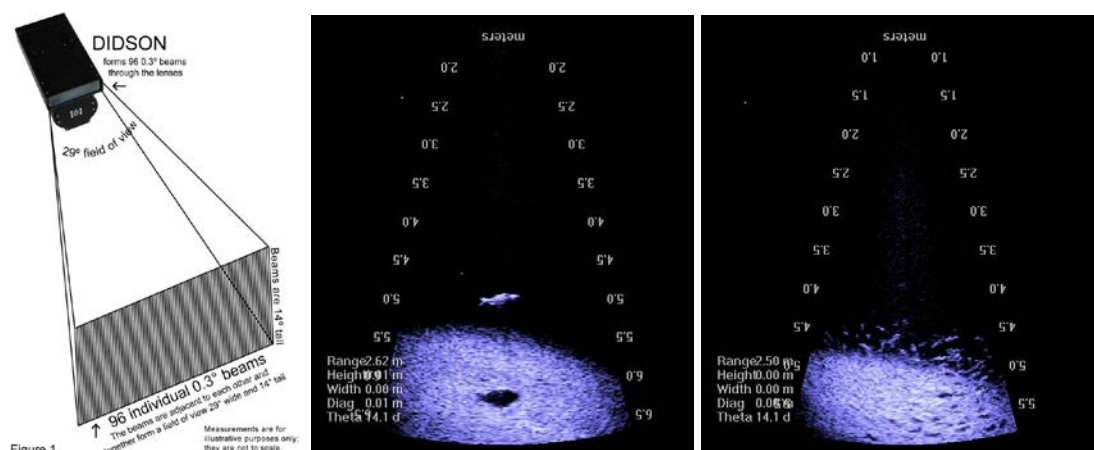
De DIDSON wordt met een kabel aangesloten op een computer. Beide apparaten worden aangesloten op het elektriciteitsnet, zodat over langere periode opnames gemaakt worden. Met deze computer kunnen instellingen van de DIDSON zoals bereik, aan en uitzetten van opnames etc. gestuurd worden. Analyse van de beelden wordt gedaan met speciaal voor de DIDSON ontwikkelde software. De DIDSON is aan de onderkant van een stellage in het water gehangen (Figuur 2, rechts).



*Figuur 2 De DIDSON (links) (L 43 cm x B 20 cm x H 17 cm) en het frame waaraan de DIDSON van de kant af in het water is gehangen (rechts).*

De DIDSON heeft een kegelvormige beeldprojectie (Figuur 3 links) onder een beeldhoek van 29 graden breed en 14 graden hoog. De DIDSON heeft bij de meetlocatie gemeten met 96 geluidsbundels op 1.6 MHz in 8 uitzend-ontvangst cycli per frame (hoge frequentie). Omdat de beeldprojectie kegelvormig is, wordt het volume water dat in beeld komt groter met de beeldafstand. Om zowel grotere als kleine vissen waar te nemen is gekozen om de DIDSON te zetten onder een hoek tussen  $\sim 50$  graden. De kortste bijbehorende afstand tot de bodem was 5.0-5.5 meter. Bij deze kortere afstand is het gegenereerde beeld scherp genoeg om een object goed te zien dan wanneer er gekozen was metingen te doen onder een kleinere beeldhoek. Dit laatste zou een groter volume van het water observeren, echter de kwaliteit van de films zou hiermee lager zijn waardoor lengte schattingen, soortherkenning en gedragswaarnemingen onnauwkeuriger worden. Grotere vissen vanaf 35-40 cm zijn, wanneer mogelijk, op soort genoteerd (Figuur 3 midden). Voor kleinere vissen was dit erg lastig en zijn alleen totale aantallen geteld.

Beweging van de DIDSON door bijvoorbeeld golfslag resulteert in verminderde beeldkwaliteit. Daarnaast waren in het beeld door de turbulentie tijdens het spuien veel kleine luchtbelllen aanwezig, die de beeldkwaliteit verminderden (Figuur 3 rechts). Om de beeldkwaliteit te verbeteren is over de beelden een filter gelegd die deze ruis door luchtbelllen verminderde.



Figuur 3 Beeldhoek van de DIDSON (links) en een DIDSON opname van een brasem in de spuikoker (midden) en een visschool in de spuikoker (rechts), waarbij in het midden nog luchtbelllen te zien zijn, afkomstig van turbulentie, die het beeld kunnen verstoren.

### 3.2 Metingen bij Houtribdijk 2011 en 2012

In het kader van het onderzoek zijn bij de spuikokers nabij Lelystad in de Houtribdijk 11 metingen verricht, twee metingen in november 2011 en negen metingen van januari tot en met oktober 2012. Het sluiscomplex heeft zes spuikokers. De drempel van de spuikokers bevindt zich op NAP -4,5 meter (gemiddelde waterhoogte ten opzichte van drempel is 4,26m) en heeft een breedte van 18 meter. Vanwege praktische redenen zijn alle metingen verricht bij spuikoker nummer 1 (Figuur 4). De metingen waren afhankelijk van het peilbeheer en peilverschillen. Gestreefd is om de metingen gedurende een paar uur tijdens het permanent spuien plaats te laten vinden. Bij voorkeur is ervoor gekozen om de metingen te verspreiden over de dag (overdag als in de avond) met een nadruk op de avonduren in het najaar. De verwachting is dat in het najaar juist de avonduren belangrijk worden geacht voor migrerende vissen als aal en dat juist in de avonduren actief gebruik wordt gemaakt van de aangeboden migratie vensters via de spuikokers.





*Figuur 4 De 6 spuikokers nabij Lelystad aan de oostkant van de houtribdijk (linksboven). Het frame met de DIDSON bevestigd aan de onderkant bij spuikoker 1 (links onder en rechts).*

### 3.3 Analyse gegevens

#### 3.3.1 Vis observaties

Kleine vissen tot 15 centimeter zijn alleen de aantallen geteld. Daarnaast is bij grotere vis (>20 cm), waar mogelijk, de lengte gemeten en de soort vastgesteld op basis van uiterlijke kenmerken van de vis. Tevens is bij grotere vis het gedrag genoteerd. Hierin zijn een aantal zaken onderscheiden waaronder de uiteindelijke verplaatsing van de vis en de richting waarin de kop van de vis zich bevond.

#### Verplaatsing van de vis

TS	tegen de stroom in zwemmend
MS	met de stroom mee zwemmend
TS – MS	tegen de stroom in en vervolgens met de stroom mee
MS – TS	met de stroom mee en vervolgens tegen de stroom in
Zijwaarts	een zijwaartse verplaatsing

#### Richting van de kop van de vis

MS	met de stroom mee
TS	tegen de stroom in
MS – TS	met de stroom mee en vervolgens tegen de stroom in kijkend.
TS – MS	tegen de stroom in en vervolgens kijkend in de richting waar het water naar toe gaat.
opgerold	Aal die zich opgerold verplaatst.



### 3.3.2 Tellingen voor kleine vis – minimum schatting

Tijdens en na de metingen in het veld is het beeldmateriaal geanalyseerd op visaanwezigheid en gedrag van vis. Het kan voorkomen dat kleine objecten (klein vuil, bladeren, etc.) een reflectie geven die in het beeld van de DIDSON overeenkomen met reflecties van kleine vissen. Om te voorkomen dat vuil of andere kleine objecten worden aangezien voor vis is de software zo ingesteld dat zwakkere reflecties van deze objecten wegvallen. Door deze instellingen is er echter een kleine kans dat kleine vis (+/- 10 cm) wordt gemist tijdens de analyses / tellingen. Aan de andere kant is de kans dat een stuk vuil wordt aangezien voor een vis gereduceerd. Rekening houdend met het feit dat er soms kleine vis gemist is tijdens de film analyses, geven de tellingen voor kleine vis een minimum schatting. Echter wordt er vanuit gegaan dat deze minimum schatting in de buurt komt van de daadwerkelijke hoeveelheid vis die tijdens de metingen zijn gepasseerd.

### 3.3.3 Analyse stroomsnelheden en volume bepaling

Tijdens de metingen is de DIDSON op een vast frame geplaatst (Figuur 2) en is de DIDSON onder een hoek van ongeveer 50° (32 – 55°) in het water gehangen. Deze hoek van de DIDSON, de afstand vanaf de DIDSON waarop begonnen wordt met meten (het *startwindow* van het scherm) en de diepte van de bodem (5 – 5.5 meter) bepalen samen het volume dat in zicht is. Samen met de afgeleide stroomsnelheden van het water kan het geobserveerde volume worden berekend. De stroomsnelheden (m/s) werden bepaald uit het peilverschil (cm) tussen het Markermeer en het IJsselmeer en de stand van de spuikokerschuiven aan de hand van aangeleverde gegevens van Rijkswaterstaat (mei 2011, Harry Oude Voshaar).

#### Stroomsnelheid (m/s) Houtribdijk Spuikokers

Stand 5 (open) stroomsnelheid (m/s)	= 0.4494 * ( peilverschil (cm) noord – zuid ) <sup>0.4957</sup>
Stand 1 (bijna dicht) stroomsnelheid (m/s)	= 0.0708 * ( peilverschil (cm) noord – zuid ) <sup>0.4823</sup>

Deze stroomsnelheid wordt vastgesteld middels de formule  $v = Q / A$ , waarbij Q een berekend debiet is en A een constante doorsnede van 76.7 m<sup>2</sup> van de spuikoker (18 meter breed en gemiddelde hoogte van 4.26 m). Dit betekent dat deze berekende stroomsnelheid slaat op de snelheid van de totale waterverplaatsing van de spuikoker en geen beeld geeft van de watersnelheden direct onder de schuif van de spuikoker. De standen van de schuiven variëren van stand 0 (dicht) tot stand 5 (volledig open). Bij een volledig geopende schuif zal deze berekende snelheid de werkelijke stroomsnelheid weergeven omdat geen weerstand wordt gegenereerd door de schuif van de spuikoker. Echter bij een geknepen waterdoorgang, wanneer de schuiven slechts een beetje geopend zijn (bijvoorbeeld bij stand 1 wat inhoudt dat de deur 1 meter boven de drempel staat), zal de werkelijke stroomsnelheid hoger liggen dan uitgerekend middels de formule  $0.0708 * \text{peilverschil}^{0.4823}$ . Bij een geknepen waterdoorgang zal er uiteindelijk minder afvoer zijn, maar de snelheid waarmee dit gebeurt zal direct onder de schuif (dus tussen de bodem en de onderkant van de schuif) vele malen hoger zijn dan de uiteindelijk berekende stroomsnelheid zoals hierboven weergegeven. De precieze stroomsnelheden direct onder de deuren zijn binnen dit project niet berekend en ook niet bekend. De berekeningen en verdere analyse van de gegevens is gedaan in R ("R Development Core Team" 2011).

### 3.3.4 Analyse visgegevens vanuit monitoringsprogramma's

Een vergelijking van dichtheden vis waargenomen door de DIDSON met die uit de najaar survey die IMARES jaarlijks in het najaar uitvoert op zowel het IJsselmeer als het Markermeer (van Overzee, de Boois et al. 2011) kan een indicatie geven of de sluizen vis aantrekken of juist afstoten. Voor de survey worden twee typen sleepnetten gebruikt: de grote kuil (GK) en een elektrokor (ESK). Hieruit zijn de gegevens van de grote kuil en de elektrokor gebruikt van de jaren 1989 – 2011 (grote kuil) en 1993 – 2011 (elektrokor). De grote kuil heeft een netopening van 8 m breed en 1 m hoog en wordt over de bodem getrokken gedurende 10 minuten over een afstand van ongeveer 1 km. Het beviste oppervlakte is dan ongeveer 0.8ha (Dekker 1995). De elektrokor is kleiner met een netopening van 3 m breed en 0.5 m hoog en wordt in 10 minuten over ongeveer 1 km getrokken. Het beviste oppervlakte is dan ongeveer 0.3 ha. Beide vistuigen hebben een verschillende vangstefficiëntie. Zo worden paling en bot duidelijk beter gevangen met de elektrokor dan met de grote kuil. Van de overige soorten vis (snoekbaars, baars, pos, blankvoorn en brasem) wordt kleine vis (<10cm) in gelijke mate bemonsterd met beide vistuigen, maar grotere exemplaren beter met de grote kuil (de Leeuw 2000). Om een inschatting te maken van de mate van uitspoeling van kleine vis (+/- 10 cm) kunnen op basis van dit gegeven vangsten uit beide netten gebruikt worden. Echter de vertaalslag van aantallen vis per oppervlakte eenheid naar vis per volume eenheid is moeilijk te maken. De vraag is of de gemeten visdichtheden direct te vertalen zijn naar inschattingen voor de hele water kolom. Overdag zullen veel vissen zich op de bodem bevinden (Mous 2000). De doorzicht van het water speelt hierbij ook een rol. In troebel water zal een soort als spiering zich gelijkmatiger verdelen over de waterkolom dan wanneer de doorzicht beter is (de Leeuw 2000).

Bij een omrekening van het aantal vis per hectare naar volume moet rekening worden gehouden met de verdeling van de vis in de waterkolom. Ook varieert deze verdeling van vis gedurende de dag en nacht. Hiervoor is een minimum en een maximum schatting gedaan (Figuur 5). De hoeveelheid vis per hectare kan niet direct worden vertaald naar het aantal per volume, als er in de bovenste waterlagen geen vis bevindt (Figuur 5 links). Wanneer er rekening wordt gehouden dat er geen vis bevindt in de bovenste waterlagen zal dit uiteindelijk een minimum schatting weergeven. Wanneer er in de bovenste waterlagen een zelfde hoeveelheid vis bevindt als wat gevangen is tijdens de monitoring zal dit een maximum schatting weergeven. Theoretisch is het ook mogelijk dat niet evenveel maar meer vissen in de waterlagen boven het sleepnet zitten. In dat geval zal de maximum schatting alsnog een onderschatting geven van de vis per m<sup>3</sup>. Bij schatting van de totale hoeveelheid vis in het meer wordt aangenomen dat de vissen homogeen zijn verdeeld over het meer.

#### **Minimum schatting vis per volume:**

alle vis gevangen in de surveys zit op de bodem en in de resterende waterkolom boven het sleepnet is geen vis aanwezig. Doorrekening naar de aantallen vis per hectare geeft een minimum schatting.

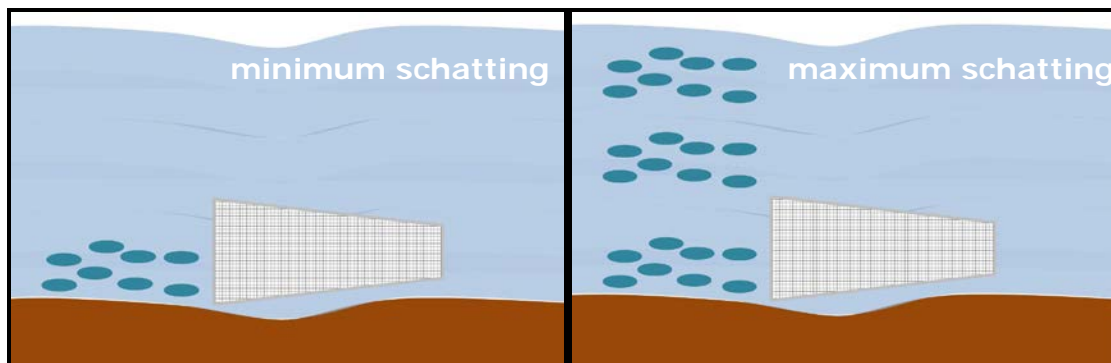
#### **Maximum schatting:**

de dichtheid vis is uniform in de hele waterkolom. Doorrekening van de aantallen vis per hectare geeft een maximum schatting.

**Berekeningen minimum schatting:** Bij de minimumschatting wordt er vanuit gegaan dat de waterkolom boven het net leeg is en dat alle vissen zich bij de bodem bevinden. Wanneer er bijvoorbeeld 1500 vissen per hectare gevangen zijn, is dit 0.15 vis per m<sup>2</sup> (1500 gedeeld door 10000). De grote kuil heeft een net hoogte van 1m hoog en de elektrokor 50cm hoog. Bij een minimum schatting wordt er vanuit gegaan dat de waterlagen boven het net geen vis bevat. Een net van 50cm hoog (elektrokor) zou in theorie evenveel vis gevangen hebben als net 1m hoog was geweest. De dichtheid over de gehele waterkolom wordt verkleind met de niet beviste en 'lege' waterkolom boven het net. De gemiddelde

diepte in het IJsselmeer is 4.57m. Dit betekent dat er in totaal dan  $0.15 / 4.57 = 0.032 \text{ vis/m}^3$  in de totale waterkolom aanwezig zou zijn. Deze berekening geldt voor beide vistuigen.

**Berekening maximum schatting:** Bij een maximum schatting wordt er vanuit gegaan dat er gelijke dichtheid aan vis in de waterlagen boven het sleepnet als in het sleepnet is (dus over de gehele waterkolom). Wanneer er 1500 vis per hectare aanwezig is en omgerekend  $0.15 \text{ vis per m}^2$  dan is de dichtheid over de hele waterkolom voor de elektrokor (50cm hoog)  $0.15 \text{ vis per halve kubieke meter}$  en  $0.30 \text{ vis per hele kubieke meter}$ . Voor de grote kuil (1 m hoog) is de dichtheid  $0.15 \text{ vis per m}^3$ .

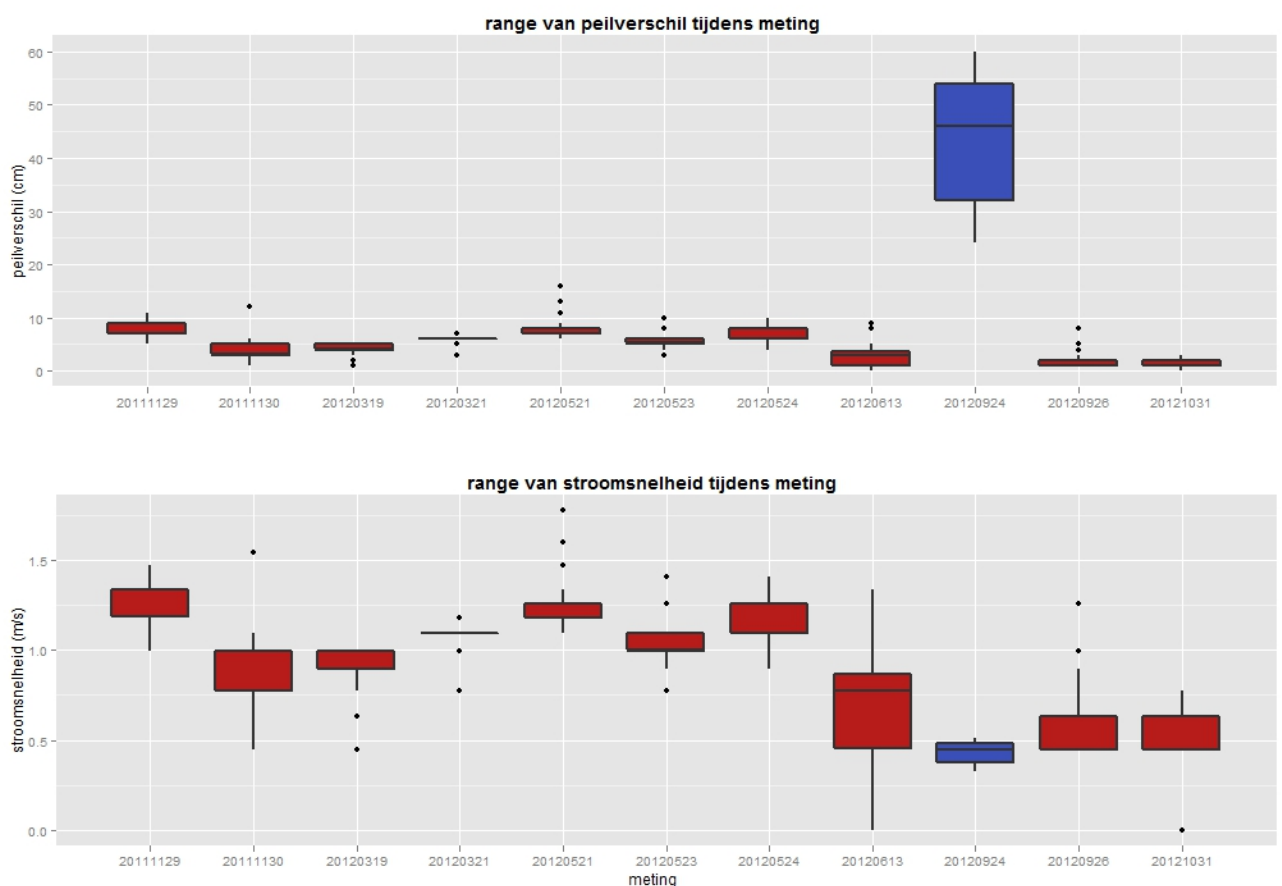


*Figuur 5 Minimum schatting (links) wanneer alle vis in de waterkolom tijdens de surveys wordt gevangen. Alle vis bevindt zich op de bodem. De surveys geven een reëel beeld van de hoeveelheid vis die zich in een meer bevindt. Maximum schatting (rechts) wanneer de dichtheid aan bevist gebied gelijk is aan de waterkolom erboven. De surveys geven volgens de maximum schatting een onderschatting van de hoeveelheid vis in een meer weer.*

## 4 Resultaten

### 4.1 metingen

In de waarneemperiode zijn in totaal 11 metingen uitgevoerd; 2 in het najaar van 2011, 6 in het voorjaar van 2012 en 3 in het najaar van 2012 (Tabel 1). In het voorjaar wordt gespuid van het IJsselmeer naar het Markermeer en in het najaar is dit andersom. Tijdens alle metingen, met uitzondering van 24 september 2012, hebben de spuikokers 1, 2 en 3 volledig open kunnen staan (stand 5). Spuikokers 4, 5 en 6 waren dan over het algemeen gesloten. Het geobserveerd volume varieerde van 43000 m<sup>3</sup> tot 133000 m<sup>3</sup> per meetdag met een gemiddelde stroomsnelheid variërend van 0.43 - 1.26 m/s.

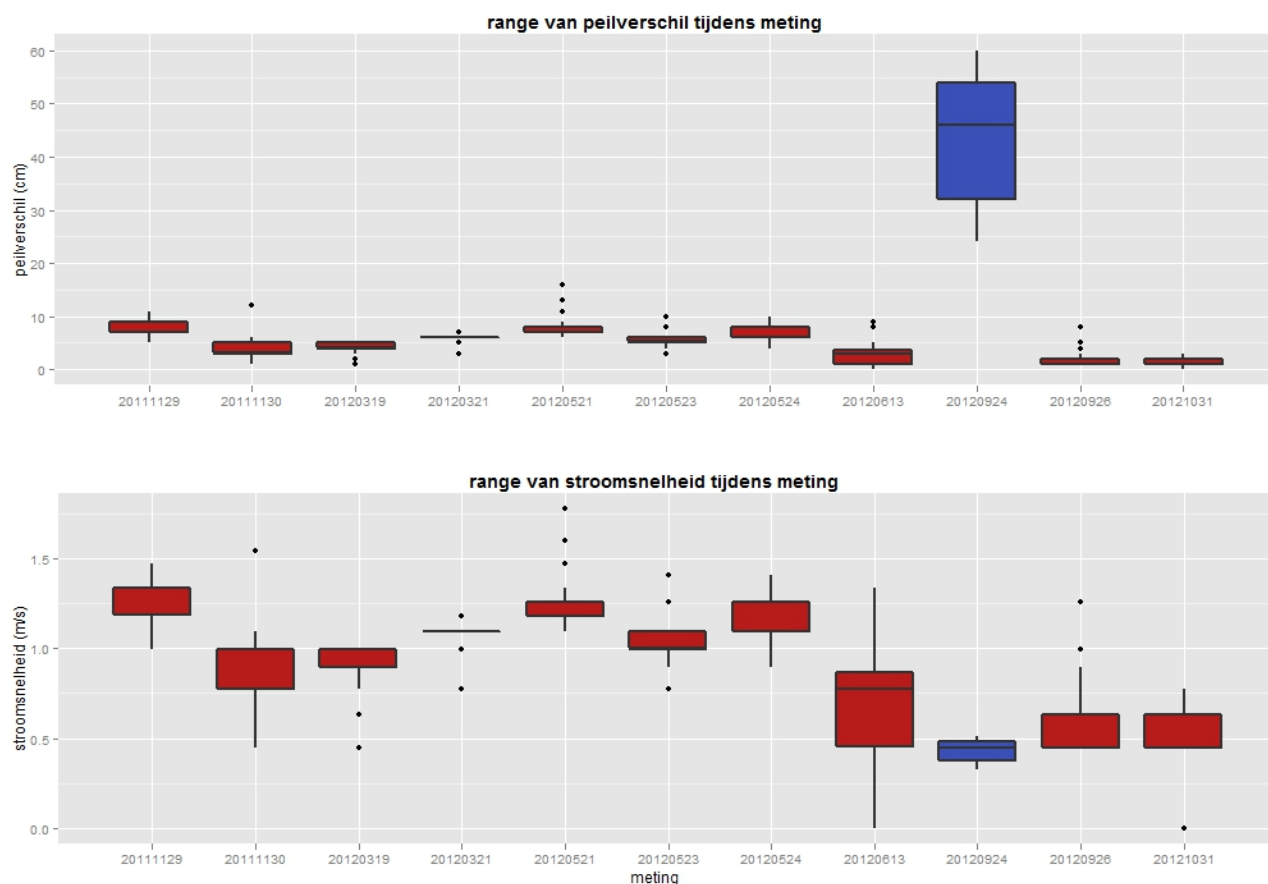


*Figuur 6 Op 24 september heerste een najaarsstorm met een maximum windsnelheid met een uurgemiddelde van 15 m/s (zuid). Dit betekende dat de wind het water richting de spuikokers stuwde, wat resulteerde in een hoge waterverplaatsing en stroomsnelheden. Uit praktische en veiligheidsoverwegingen is die dag besloten om de stand van de spuikokers op 1 te zetten (1 meter boven de bodem / drempel). Hierdoor bleef de stroomsnelheid laag in de spuikoker (maar niet onder de schuif) en konden de metingen worden voortgezet. De peilverschillen tussen beide meren varieerden niet sterk tussen de meetdagen (range 0–16 cm), met uitzondering van 24 september tijdens de najaarsstorm, toen een uitzonderlijk hoog peilverschil waargenomen werd met verschillen tot 60 cm.*

Tabel 1. Overzicht en karakteristieken van de DIDSON meetdagen gedurende 2011 en 2012.

datum	Seizoen	gemiddelde water stroom-snelheid (m/s)	Tijdspad van observatie	Geobser-veerd volume (1000 m <sup>3</sup> )	Stand spuikoker	Gemiddelde Temperatuur (°C)	Overheer-sende windrichting	Neerslag (mm)	Wind (m/s)	Wind max uurgemiddelde (m/s)
29-nov	Najaar	1.26	15:15 – 19:00	66	5	7.2	ZZW	0.9	7.2	10.0
30-nov	Najaar	0.84	14:50 – 18:55	90	5	6.7	ZZW	0.0	5.6	7.0
19-mrt	Voorjaar	0.90	14:10 – 17:55	90	5	5.0	W	0.0	3.5	7.0
21-mrt	Voorjaar	1.05	15:00 – 18:35	101	5	9.1	N	< 0.05	2.4	4.0
21-mei	Voorjaar	1.25	16:15 – 20:15	133	5	18.9	N	0.0	3.2	5.0
23-mei	Voorjaar	1.03	16:45 – 20:40	109	5	22.2	NNO	< 0.05	3.0	4.0
24-mei	Voorjaar	1.15	16:10 – 19:55	114	5	21.3	ONO	0.0	4.5	6.0
13-jun	Voorjaar	0.65	12:00 – 16:10	70	5	12.0	NW	0.0	3.2	5.0
24-sep	Najaar	0.43	18:55 – 21:30	43	1*	13.7	Z	16.4	7.7	15.0
26-sep	Najaar	0.60	17:05 – 20:55	68	5	13.0	Z	0.2	5.1	7.0
31-okt	Najaar	0.50	18:25 – 21:45	43	5	7.6	Z	0.0	4.8	7.0

\*najaarsstorm (maximale uurgemiddelde van 15 m/s zuidelijke wind) genereerde hoge stroomsnelheden en daardoor noodgedwongen metingen met stand 1 (laagste stand)

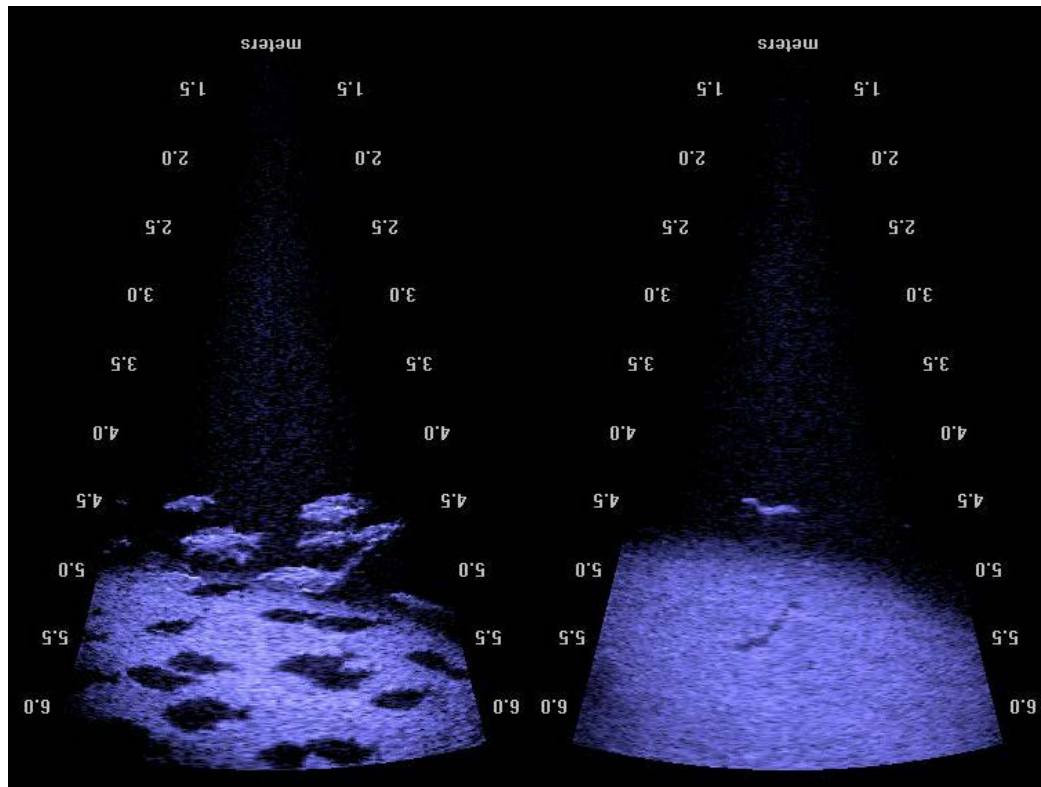


Figuur 6 Peilverschillen en stroomsnelheden in de gehele spuikoker tijdens de metingen. Rood is spuikoker schuifstand 5 (helemaal open, gemiddeld 4.26 meter boven de bodem) en blauw is spuikoker schuifstand 1 (laagste stand, 1 meter boven de bodem, waarbij de stroomsnelheden direct onder de schuif veel hoger zijn dan in de spuikoker).

## 4.2 Vis waarnemingen

### 4.2.1 Soortenrijkdom

Tijdens de metingen zijn veel vissen waargenomen, echter lang niet alle vissen konden op soort worden gebracht. Aal en brasem konden wel worden gedetermineerd en zijn op meerdere dagen waargenomen (Figuur 7). Ook is met enige onzekerheid een meerval waargenomen en zijn enkele snoekbaarzen en snoeken gezien.



Figuur 7 **Links** een school brasems passeert de spuisluizen op 21 mei 2012 bij een stroomsnelheid van 1.1 m/s, waarbij ze moeite hebben tegen de stroom in te zwemmen. **Rechts** een aal passeert de spuisluizen op 26 september 2012 bij een stroomsnelheid van 0.5 m/s en wordt meegevoerd met de stroom mee richting het IJsselmeer.

### 4.2.2 Viswaarnemingen

Over het algemeen werd in het voorjaar een kleinere 'uitspoeling' van vis waargenomen (Tabel 2). Uitspoeling van vis is gedefinieerd als vis die, al dan niet passief, wordt meegevoerd met de stroming. Dit kan vrijwillig of onvrijwillig zijn. Gemiddeld was dit 0.03 vis per m<sup>3</sup> in het voorjaar ten opzichte van 0.08 vis per m<sup>3</sup> in het najaar. Deze verhoogde uitspoeling in het najaar heeft mogelijk te maken met een piek tijdens de najaarsstorm op 24 september 2012. Op deze dag was de uitspoeling gemiddeld 0.2 vis per m<sup>3</sup>. Naast de, al dan niet passieve, uitspoeling van kleinere vis (~10 cm) werden ook grotere vissen waargenomen. Bij deze vissen kon het gedrag van de vis beter worden vastgesteld. Aal passeerde de sluizen vooral in het najaar en brasem voornamelijk in scholen met enkele tientallen individuen in het voorjaar. In het najaar is ook een aanzienlijk deel van de vissen waargenomen die over de bodem tegen de stroom in zwom. Het is onbekend of dit gerichte migratie betreft en om welke soort of soorten het ging.



Tabel 2. DIDSON visobservaties bij Houtribdijk spuikoker 1 bij Lelystad in 2011 en 2012. Uitspoeling van vis is gedefinieerd als vis die, al dan niet passief, wordt meegevoerd met de stroming.

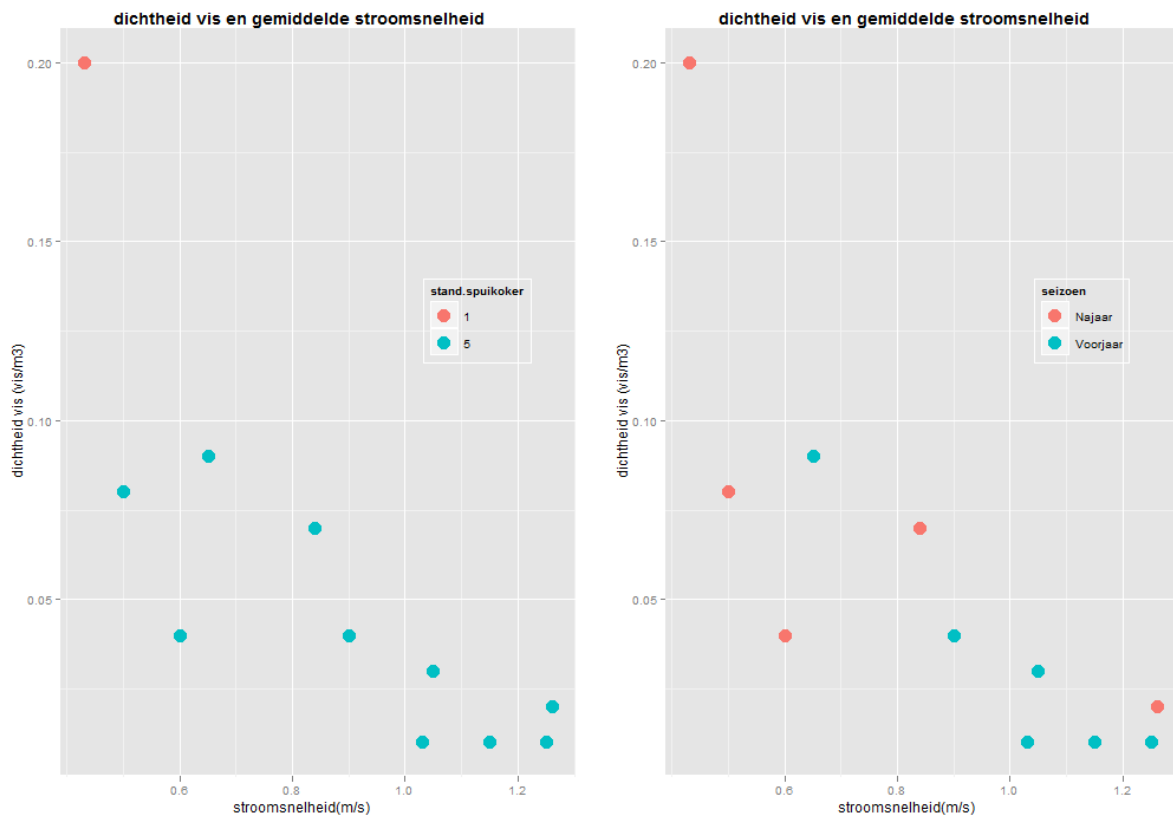
datum	Seizoen	enkele vis (n)	minimale vis 'uitspoeling' kleine vis (vis / m <sup>3</sup> )	minimale vis verplaatsing totaal (vis / m <sup>3</sup> )	Enkele vis tegen stroom	Aal	Brasem (ind. & scholen)*	meerval	snoek	snoekbaars	Onbekende grotere vis (geen aal) (ind. & scholen)**
29-nov	Najaar	1624	0.02	0.02		1	1				2
30-nov	Najaar	5945	0.07	0.07		2	2				12
19-mrt	Voorjaar	3456	0.04	0.04		1	1				5
21-mrt	Voorjaar	2686	0.03	0.03			12				28
21-mei	Voorjaar	898	0.01	0.01			89				16
23-mei	Voorjaar	553	0.01	0.01			56		2		51
24-mei	Voorjaar	1089	0.01	0.01			72			2	79
13-jun	Voorjaar	5833	0.08	0.09		1	23		1		115
24-sep	Najaar	8360	0.20	0.20		19	3	1			34
26-sep	Najaar	1574	0.02	0.04	830	32	19			1	23
31-okt	Najaar	3123	0.07	0.08	167	10	6				10
Totaal	voorjaar	14515	0.03	0.03		2	253		3	2	294
Totaal	najaar	20626	0.08	0.08	997	63	31	1		1	81

\* De getallen in de tabel geven ook scholen weer, één school bestaat uit meerdere vissen. In totaal bestaat 73% van de waarnemingen uit meer dan één vis (totaal zijn 277 brasems waargenomen)

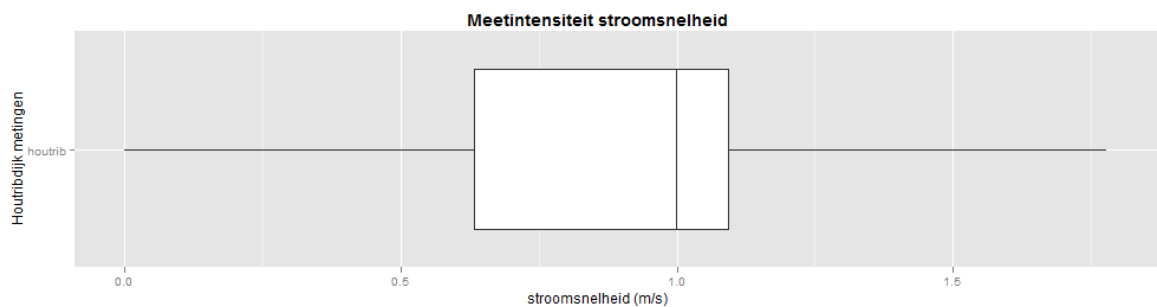
\*\*De getallen in de tabel geven ook scholen weer, één school bestaat uit meerdere vissen. In totaal bestaat 80% van de waarnemingen uit meer dan één vis (totaal zijn 407 vissen waargenomen).

#### 4.2.3 Visdichtheden in relatie tot stroomsnelheid

Wanneer de gemiddelde dichtheid vis afgezet wordt tegen de gemiddelde stroomsnelheid zijn minder vissen waargenomen bij hogere snelheden dan bij lagere snelheden (Figuur 8). De piek in visdichtheden is waargenomen in het najaar tijdens de najaarsstorm. Het aantal waarnemingen is het grootst in de range ~0.6-1.1 m/s (Figuur 9).



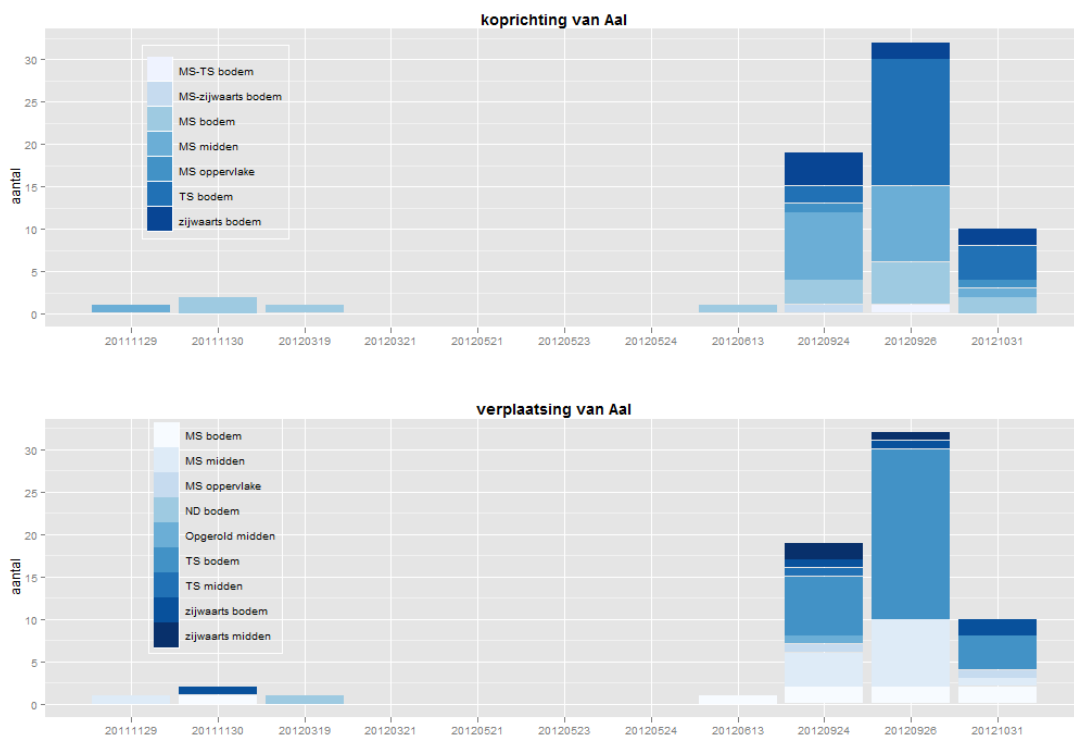
Figuur 8 Gemiddelde visdichtheid in relatie tot de gemiddelde stroomsnelheid per meetdag.



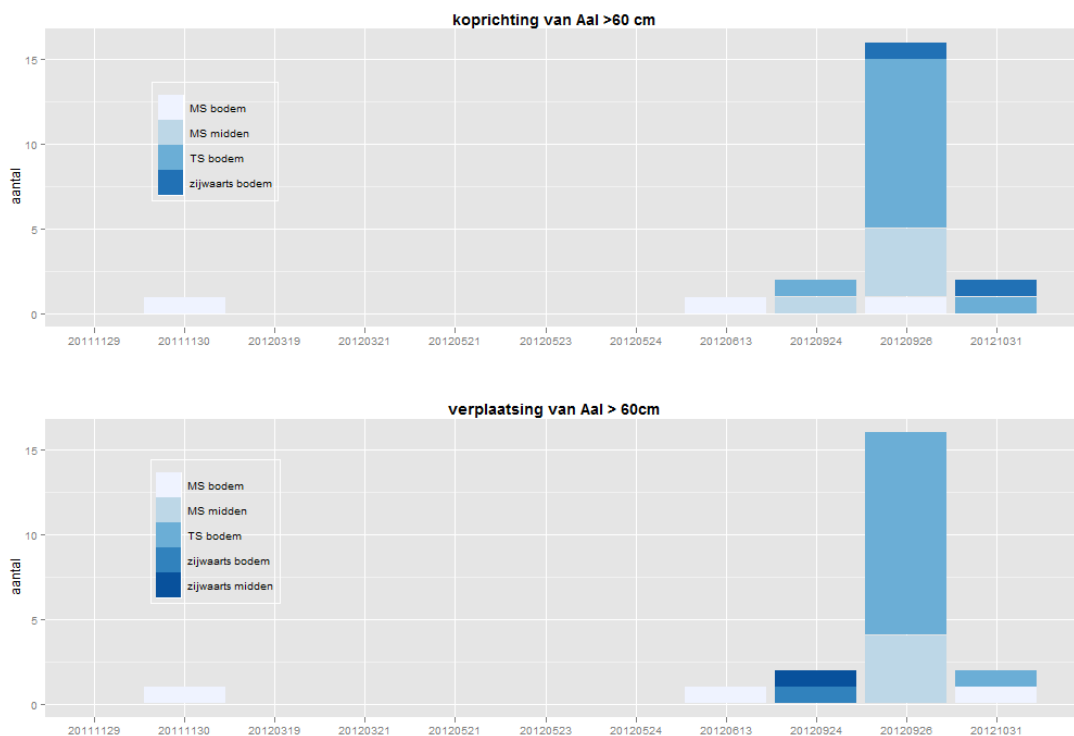
Figuur 9 De meetintensiteit per stroomsnelheid.

#### 4.2.4 Gedrag van Aal

Met name in het najaar is aal in grotere aantallen waargenomen (Figuur 10 en Figuur 11). Het is onbekend of dit schieralen betrof. Een aanzienlijk deel van de waargenomen aal verplaatste zich in het najaar tegen de stroom in (Figuur 8 rechts), voornamelijk vlak bij de bodem. Een aanzienlijk deel van de grotere aal verplaatste zich actief tegen de stroom in (Figuur 11 en Figuur 13 rechtsboven).



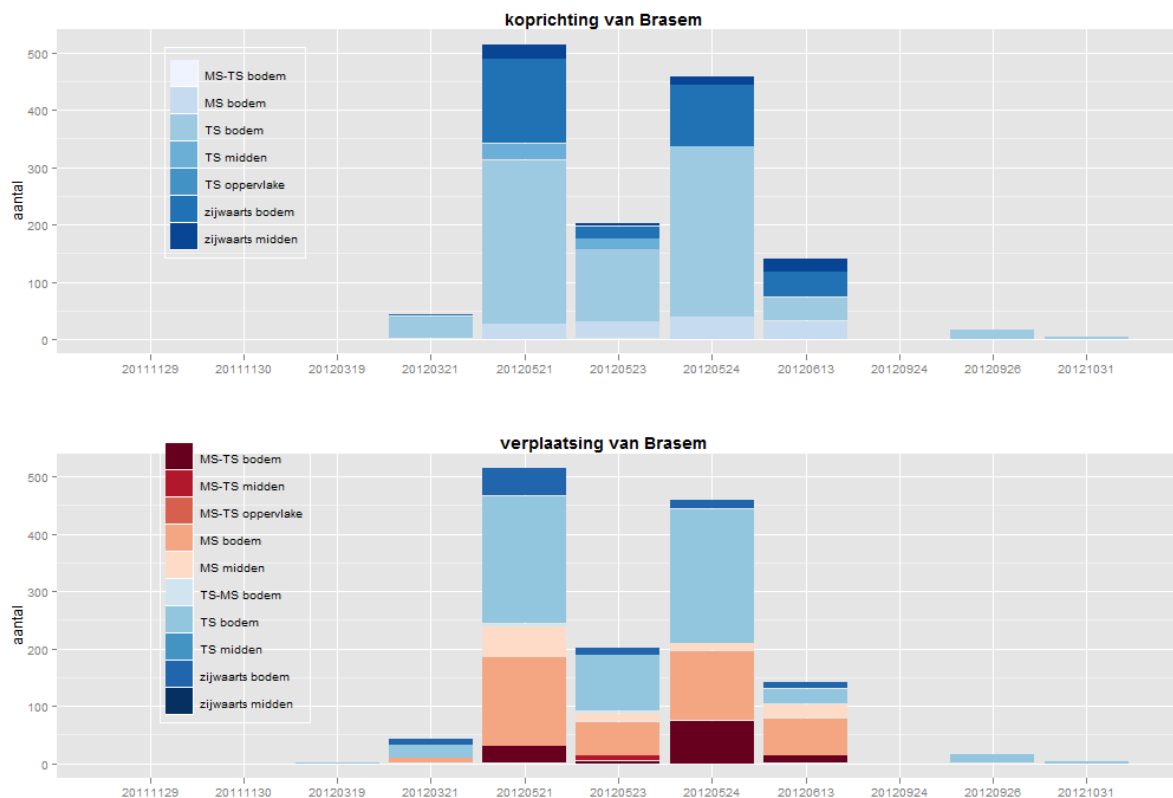
Figuur 10 Gedrag van aal tijdens de metingen. **Boven** de richting waar de kop zich bevindt ten opzichte van de stroming van het water. **Onder** de uiteindelijke verplaatsing van aal



Figuur 11 Gedrag van grotere aal (>60cm) tijdens de metingen. **Boven** de richting waar de kop zich bevindt ten opzichte van de stroming van het water. **Onder** de uiteindelijke verplaatsing van aal

#### 4.2.5 Gedrag van brasem

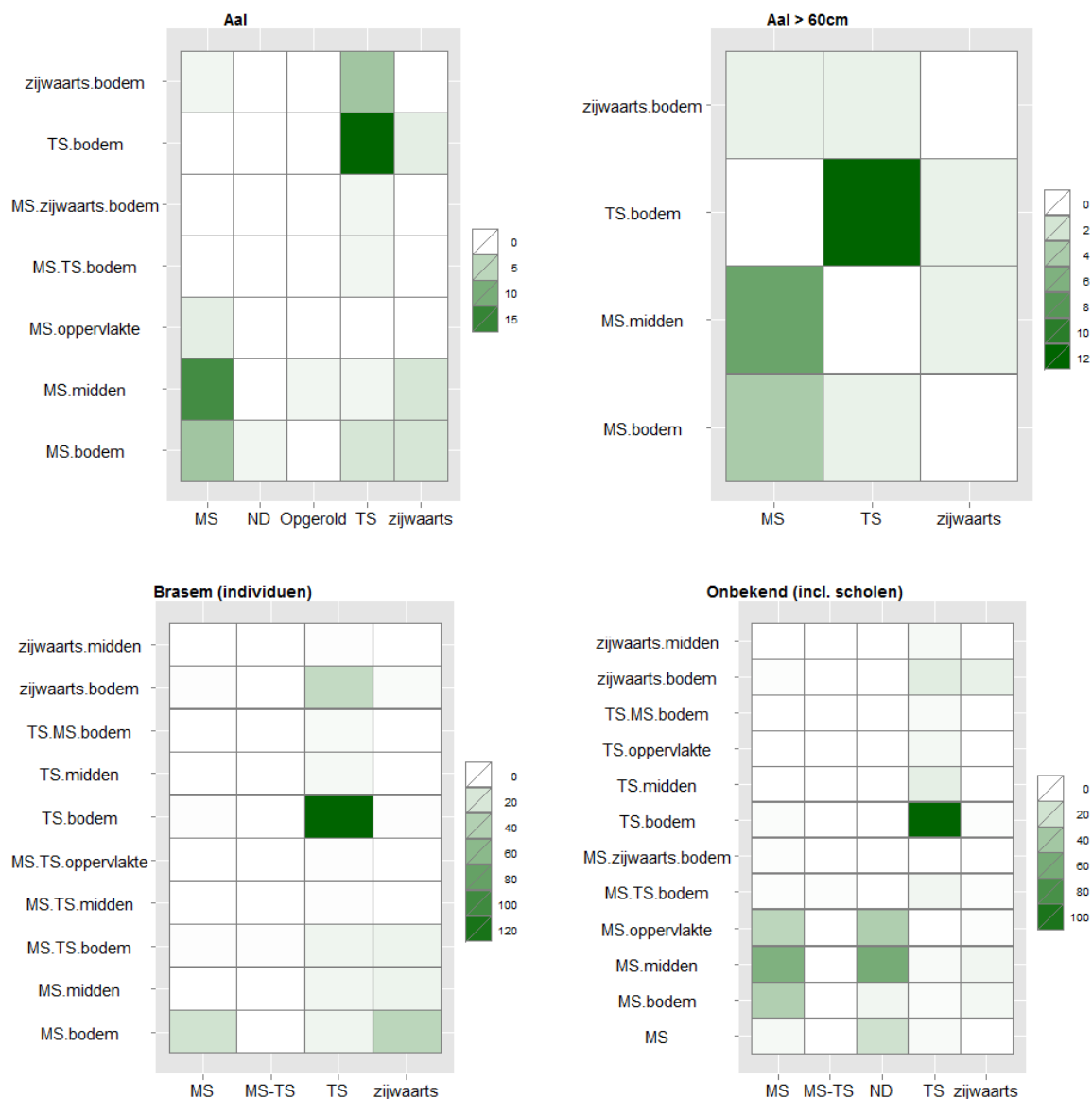
Met name in het voorjaar werden in grotere aantallen brasem waargenomen (Figuur 12). De brasems kwamen in 80% van de waarnemingen in scholen voorbij. De figuur geeft echter een indicatie voor individuele brasems. Bijna alle brasems zwommen tegen de stroom in, een kleiner gedeelte van de waargenomen brasems hadden hun kop met de stroom mee gericht. Ook was een groot gedeelte van de brasems die zich, al dan niet, gedwongen, zijwaarts verplaatste. Iets minder dan de helft van de brasems had op 21 en 24 mei waarschijnlijk moeite met de stroomsnelheid (Figuur 12 onderaan), wat resulteerde in bewegingen met de stroom mee die zich vervolgens omzette in een tegenstroomse verplaatsing. Vrijwel alle brasems hadden hun kop tegen de stroom in gericht (Figuur 12 boven) wat zich blijkbaar niet altijd vertaalde naar een tegenstroomse verplaatsing (Figuur 12 onder).



Figuur 12 Gedrag van brasem tijdens de metingen. **Boven** de richting waar de kop zich bevindt ten opzichte van de stroming van het water. **Onder** de uiteindelijke verplaatsing van brasem.

Tabel 3. Numeriek weergave van gedrag van vis als in Figuur 13: koprichting (ten opzichte van de stroomrichting) en uiteindelijke verplaatsing van de vis.

Koprichting van de vis (of scholen vis)										
verplaatsing van de vis	aal					aal > 60 cm				
	MS	ND	Opgerold	TS	zijwaarts	MS	TS	zijwaarts		
	MS									
	MS bodem	7	1		3	3	4	1		
	MS midden	14		1	1	3	7		1	
	MS oppervlakte	2								
	MS-TS bodem				1					
	MS-zijwaarts bodem				1					
	TS bodem				19	2		12	1	
	zijwaarts bodem	1			7		1	1		
	TS midden									
	TS oppervlakte									
	TS-MS bodem									
	zijwaarts bodem									
	zijwaarts midden									
	brasem individuen					onbekende vis (incl scholen)				
	MS	MS-TS	TS	zijwaarts		MS	MS-TS	ND	TS	zijwaarts
MS						4		21	3	
MS bodem	24		8	35		34		6	2	5
MS midden			7	9		56		60	3	6
MS-TS bodem	1	1	8	9		29		35		1
MS-TS midden			1			1	1		6	1
MS-TS oppervlakte			1			1				
TS bodem	1		133	1		2			112	1
zijwaarts bodem										
TS midden			5						11	
TS oppervlakte									5	
TS-MS bodem			4						3	
zijwaarts bodem	1		31	3		1			13	10
zijwaarts midden			1						4	



## koprichting

Figuur 13. Gedrag van brasem, aal, aal groter dan 60cm en onbekende soorten vis. Kenmerken die worden onderscheiden zijn de richting waar de kop van de vis zich bevindt ten opzichte van de stroming van het water en de uiteindelijke verplaatsing van de vis. Legenda's geven minimale klassengrenzen aan.



#### 4.2.6 Gedrag van grotere vis

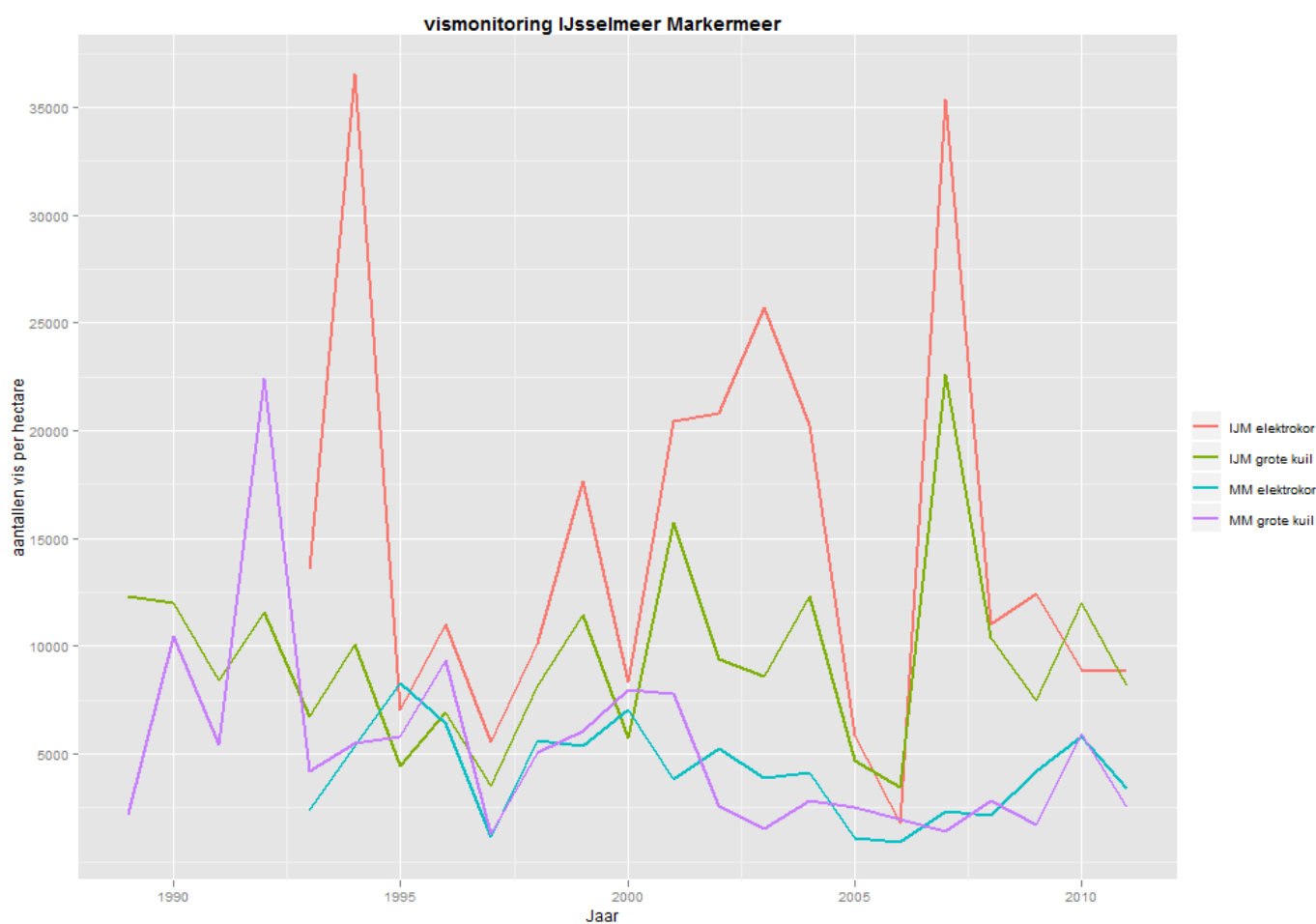
Op basis van het gedrag van grotere vis (Figuur 13) hebben we drie verschillende type gedragingen onderscheiden; 'stroom mee', 'stroom tegen' en 'tonen moeite of keren om'. In een aantal gevallen was het gedrag moeilijker te duiden, welke onder 'anders' zijn gecategoriseerd (Tabel 4). De categorie 'tonen moeite of keren om' omvat 23% van de aantallen. Deze 23% van de waargenomen vissen hadden een zijwaartse zwembeweging tegen de stroom in, vertoonde omkeergedrag, deden herhaaldelijke pogingen om tegen de stroom in te zwemmen en er waren vissen die hun kop tegen de stroom in gericht hadden maar werden meegevoerd met de stroming mee. Het is lastig te bepalen of onze interpretatie strookt met de ervaring van de vis. Met deze interpretatie moet daarom wel een slag om de arm worden gehouden: we weten niet zeker of de vissen ook daadwerkelijk moeite hadden met de migratie. Opvallend was wel dat van de grotere aal (> 60 cm) 43% tegen de stroom in zwom, terwijl was verwacht dat de grotere aal zich met de stroom mee zou laten voeren richting het IJsselmeer en uiteindelijk richting de Noordzee. Echter het stadium van de aal en of de alen bezig waren met een stroomafwaartse migratie richting de Noordzee via het IJsselmeer is op basis van de metingen en de techniek niet vast te stellen.

*Tabel 4. Gedragsinterpretatie van vis waargenomen tijdens de metingen. De categorie 'tonen moeite of keren om' slaat op zijwaartse zwembeweging tegen de stroom in, omkeergedrag, herhaaldelijke pogingen om tegen de stroom in te zwemmen of vissen die met hun kop tegen de stroom in gericht staan maar meegevoerd worden met de stroming.*

vissoort	stroom mee (%)	stroom tegen (%)	tonen moeite of keren om (%)	Anders (%)
aal	35	29	33	3
aal > 60 cm	39	43	18	0
brasem	8	49	27	16
onbekend	22	29	20	29
<b>totaal</b>	<b>19</b>	<b>36</b>	<b>23</b>	<b>21</b>

### 4.3 Monitoringsgegevens

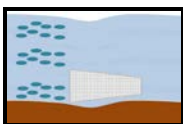
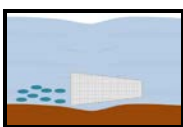
De variatie in aantallen vis per jaar varieert sterk (Figuur 14). Gemiddeld werden met de grote kuil over de jaren 1989 tot en met 2011 9409 vissen/hectare gevangen in het IJsselmeer en 14815 vissen/hectare in het Markermeer, beide in het najaar. Met de elektrokor zijn de getallen respectievelijk 4149 en 5195 vissen/hectare (Tabel 5). Een doorberekening van een minimum en maximum schatting conform de methodiek beschreven in de methode leverde een dichtheid, variërend van 0.21 – 2.96 vissen/m<sup>3</sup> op voor het IJsselmeer en 0.11 – 0.83 vissen/m<sup>3</sup> voor het Markermeer (Tabel 5).



Figuur 14 Vismonitoring van het IJsselmeer en het Markermeer met de grote kuil (1989 – 2011) en de elektrokor (1993 – 2011) in het najaar. Figuur is gemaakt met gegevens uit het monitoringsrapportage van van Overzee et al 2011. MM = Markermeer IJM = IJsselmeer

Tabel 5. Hydrologische gegevens van het IJsselmeer en Markermeer (Noordhuis 2010). Vangstgegevens van het Markermeer en het IJsselmeer over de jaren 1989 – 2011 voor de grote kuil en over de jaren 1993 – 2011 voor de elektrokor in het najaar (van Overzee, de Boois et al. 2011).

		IJsselmeer		Markermeer		
Gemiddelde diepte		4.57		3.81		m
oppervlakte		113687		69535		ha
		'93 – '11	'89 – '11	'93 – '11	'89 – '11	
vangst		Elektrokor	grote kuil	elektrokor	grote kuil	
Gemiddelde		14815	9409	4149	5195	n/ha
Minimum vangst		1792	3467	890	1269	n/ha
Maximum vangst		36553	22628	8300	22404	n/ha
Mediaan		11006	8598	4133	4187	n/ha
Minimum	Gemiddelde	<b>0.32</b>	<b>0.21</b>	<b>0.11</b>	<b>0.14</b>	n/m <sup>3</sup>
	Minimum vangst	0.04	0.08	0.02	0.03	n/m <sup>3</sup>
	Maximum vangst	0.80	0.50	0.22	0.59	n/m <sup>3</sup>
	Mediaan	0.24	0.19	0.11	0.11	n/m <sup>3</sup>
Maximum	Gemiddelde	<b>2.96</b>	<b>0.94</b>	<b>0.83</b>	<b>0.52</b>	n/m <sup>3</sup>
	Minimum vangst	0.36	0.35	0.18	0.13	n/m <sup>3</sup>
	Maximum vangst	7.31	2.26	1.66	2.24	n/m <sup>3</sup>
	Mediaan	2.20	0.86	0.83	0.42	n/m <sup>3</sup>



## 5 Discussie & aanbevelingen

### 5.1 Migratie en monitoringsgegevens

De dichtheden vis in het IJsselmeergebied gevonden met de DIDSON observatie van de spuisluis in de Houtribdijk nabij Lelystad is in het najaar een factor 1.4 - 37 lager dan in de reguliere monitoringsprogramma's van vis in het IJsselmeergebied in het open water in het najaar. De gemiddelde vangsten die worden waargenomen uit de reguliere vismonitoring en die zijn omgerekend naar dichtheden zijn 0.14 – 0.94 vis / m<sup>3</sup> voor de grote kuil en 0.11 – 2.96 vis/m<sup>3</sup> voor de elektrokor (Tabel 5). Beide methoden zijn niet ideaal voor schattingen voor vis als baars, snoekbaars en aal (van Overzee, 2011), omdat de tuigen maar beperkt grotere vissen vangen. Bij de DIDSON observaties liggen de dichtheden op 0.01 – 0.20 vis/m<sup>3</sup> met een gemiddelde op 0.08 vis/m<sup>3</sup> in het najaar en gemiddeld 0.03 vis/m<sup>3</sup> in het voorjaar, hier zijn grotere vissen wel meegenomen. Het gemiddelde van het najaar wordt sterk bepaald door één observatie van 0.20 vis/m<sup>3</sup> tijdens een najaarsstorm, zonder deze waarneming ligt het gemiddelde op 0.05 vis/m<sup>3</sup>. De schatting van 0.20 vis/m<sup>3</sup> ligt een factor 2 hoger dan de minimum schatting van de najaars vismonitoring met de elektrokor (0.11 vis/m<sup>3</sup>). Tijdens de najaarsstorm stonden de schuiven op stand 1 (1 m boven de drempel). Dit was de enige meting bij stand 1, alle andere metingen zijn met volledig open spuikoker uitgevoerd. De peilverschillen waren tijdens de storm veel groter dan de range waarvoor een relatie tussen stroomsnelheid en debiet zijn vastgesteld. De teruggerekende stroomsnelheden waren laag (0.43 m/s gemiddeld), maar de DIDSON observaties suggereren dat deze stroomsnelheden hoger zijn geweest. Als dit het geval is betekent dit dat het volume ook groter zal zijn en de visdichtheid derhalve lager. De gemiddelde dichtheid aan vis gemeten tijdens de DIDSON observaties ligt hiermee waarschijnlijk op gelijk niveau met de minimum schatting van de monitoring surveys en mogelijk zelfs lager dan 0.05 vis/m<sup>3</sup>.

Met een vergelijking tussen beiden methoden moet rekening worden gehouden met het feit dat de DIDSON observaties een minimum schatting geven en dat een maximum schatting niet bekend is. Wel wordt ervan uitgegaan dat de range tussen minimum en maximum schatting beperkt zal zijn. De instellingen van de software zijn zo ingesteld dat kleine vis nauwelijks gemist worden (zie 3.3.2), en dat vuil/ruis niet kan worden aangezien voor een enkele vis. Ondanks dat beide methoden erg verschillen kan het verschil in dichtheid van vis erop wijzen dat geen grootschalige actieve migratie van vis is door de spuikokers en mogelijk zelf vermijding. Natuurlijk worden met beide methoden alle vissoorten, ook niet migrerende vissoorten, meegenomen en is het goed mogelijk dat juist voor migrerende vis zoals aal dichtheden wel veel hoger zouden kunnen liggen ten opzichte van het achterliggende water. Echter is deze vergelijking moeilijk te maken om verschillende redenen. Aal wordt slecht gevangen tijdens de reguliere monitoring en daarnaast is met de DIDSON observaties moeilijk in te schatten in welk stadium een aal bevindt: schieraal of rode aal. Maar de DIDSON resultaten duiden niet op een sterke gerichte migratie van meerdere vissoorten via de Houtribsluizen; dan zouden de dichtheden vis hier vele malen hoger moeten zijn dan die in het Markermeer en IJsselmeer. Eventuele kortstondige gerichte migraties van grote aantallen vis, migratiepieken, kunnen door het beperkt aantal meetdagen gemist zijn.

### 5.2 Stroomsnelheden en migratie

#### 5.2.1 Uitspoeling van kleinere vis

De DIDSON beelden laten met name kleine vis zien die met de stroming mee het sluiscomplex passeert. Als er alleen sprake zou zijn van volledig passieve verplaatsing van vis, dan zou de visdichtheid gelijk blijven bij toenemende stroomsnelheden, waarbij de absolute aantallen vis die verplaatst worden uiteraard wel steeds groter wordt omdat het uitgespoelde volume water groter is. De DIDSON metingen suggereren echter dat de visdichtheden afnemen bij hogere stroomsnelheden (Figuur 8). Een mogelijke

verklaring hiervoor is dat er een actieve component in de visaantallen zit die niet afhankelijk is van de stroomsnelheden, bijvoorbeeld gericht naar het sluizencomplex toe zwemmen en met de stroming mee passeren. De onderliggende motivatie voor gerichte zwembewegingen naar het sluizencomplex kan velerlei zijn, bijvoorbeeld migratiedrang of het gericht opzoeken van de directe omgeving van het sluiscomplex om te foerageren of te schuilen. Deze eventuele actieve component lijkt niet heel groot te zijn, aangezien de dichtheden vis die via het sluiscomplex passeren gemiddeld een factor 1.4 - 37 lager zijn dan de dichtheden in het IJssel- en Markermeer.

De hoogste dichtheden tijdens de DIDSON metingen werden waargenomen tijdens een najaarsstorm waarbij de schuiven op stand 1 stonden (1 m boven de drempel). Echter zoals beschreven in paragraaf 5.1 is het geobserveerde volume mogelijk veel hoger dan berekend en de dichtheid aan vis lager dan 0.20 vis/m<sup>3</sup>. Een andere mogelijke verklaring is dat de verhoogde uitspoeling van vis veroorzaakt is doordat de storm en daarmee gepaard gaande hoge golven en grotere turbulentie in het water meer bodemvis in de waterkolom heeft gebracht. Dit veroorzaakt een hogere dichtheid aan vis in de waterkolom.

### 5.3 Migratiemogelijkheden

Migrerende vissen zijn afhankelijk van een vrije doorgang tussen waterlichamen. Het Houtribsluiscomplex en het Krabbersgat sluiscomplex vormen een verbinding tussen het Markermeer en het IJsselmeer. Theoretisch zijn er voor alen die niet slagen in hun voortgang van de migratie, door gesloten spuisluizen en of scheepsluizen nabij Lelystad, alternatieve routes beschikbaar om de zee te bereiken, maar deze alternatieve routes zijn niet in de directe omgeving aanwezig (Figuur 1). Beide sluiscomplexen bieden mogelijkheden voor passage van migrerende vis, echter niet continu in de tijd. Beide sluizen zijn in de afgelopen jaren beperkt open geweest voor migratie (Tabel 6). In 2011 waren er in 38.5% van de dagen in het najaar migratiemogelijkheden. Dit hield in dat er gedurende een deel van de dag waterverplaatsing via het sluizencomplex plaatsvond. De duur en tijdstip op de dag van openstaan zijn hierin niet meegenomen. Onderzoeken naar migrerende aal laten zien dat de migratiepiek kortstondig kan zijn en meestal plaats vindt in de nachtelijke uren (Winter, Jansen et al. 2006; Jansen, Winter et al. 2007; Winter, Jansen et al. 2007). Omdat aal 's avonds migreert zullen migratiemogelijkheden zoals weergegeven in Tabel 6 niet per definitie ook aansluiten bij het gedrag van migrerende vis. Zeker in het najaar is het noodzakelijk dat de geboden migratiemogelijkheden aansluiten bij de piek van alen. In de realiteit is een migratiepiek moeilijk vast te stellen en daarom wordt aanbevolen migratiemogelijkheden zeker in het najaar langdurig, over meerdere dagen en in de avonduren aan te bieden.

Vissen die wel willen migreren, maar hierin gehinderd worden door een gesloten sluis, zullen langdurig of kortstondig vertraagd worden in migratie en in het slechtste geval zal dit uitgestelde of geblokkeerde migratie veroorzaken. Dit kan bijdragen aan de mortaliteit van de migrerende populatie. Enerzijds door een verhoogde dichtheid en daarmee verhoogde kans op predatie voor de sluiscomplexen en anderzijds door het verhinderen van de voortplanting. Voor vrouwelijke schieraal is het echter de vraag of natuurlijke predatie door hun grote lengte (>63 cm) een probleem zal vormen. Ook zal sterfte door visserij in zowel het IJsselmeer en het Markermeer geen rol spelen door de gesloten periode voor aalvisserij in september, oktober en november. Gezenderde alen in onder andere het Haringvliet geven aan dat alleen met hoge debieten via de spuisluizen naar buiten werd getrokken (Winter and Bierman 2010). Bij lagere debieten bleven de schieralen of in het Haringvliet of gingen via het Spui en de Nieuwe Waterweg naar de Noordzee. Debeten lager dan 1000 m<sup>3</sup>/s bij de spuisluizen werden nauwelijks gebruikt.

Tabel 6. Grove inschatting van de migratiemogelijkheden (uitgedrukt in percentage van de dagen waarop de sluizen tijdelijk open hebben gestaan) bij de Houtribsluis en Krabbersgat. Er is onderscheid gemaakt in het hele jaar en alleen tijdens het najaar.

	hele jaar			najaar (sep, okt, nov)		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Houtribsluis	12.6%	20.3%	22.5%	20.9%	39.6%	38.5%
Krabbersgatsluis	15.1%	11.5%	16.4%	26.4%	19.8%	23.1%

Voor migratie met de stroming mee kunnen alle perioden dat de sluizen open stonden ook daadwerkelijk door migrerende vis worden benut. Voor migratie tegen de stroming in, worden de mogelijkheden niet alleen bepaald door het open staan van de sluizen maar ook door de stroomsnelheden en de lengte van het traject waarover deze stroomsnelheden voorkomen die de vis moet overwinnen. Bij volledig openstaande schuiven (stand 5) treden de stroomsnelheden op over een langer traject (de lengte van de gehele spuikoker. Wanneer de schuiven worden 'geknepen' zullen de hoogste stroomsnelheden over een veel korter traject voorkomen (alleen direct onder de schuif). Een geknepen stand van de schuiven geeft dus een kortere afstand waarover de vissen maximaal moeten sprinten om de zone met de hoge stroomsnelheden te passeren.

#### 5.4 Aanbevelingen beheer op basis van migratie gedrag

Globaal genomen kunnen bewegingen van vis worden onderverdeeld in twee categorieën, de eerste is gerichte migratie en de tweede is dispersie. Beide gelden voor zowel stroomop- als stroomafwaartse migratie en beide typen visbewegingen zijn gebaat bij een vrije doorgang, maar hebben daarbij hun eigen eisen.

<b>Gerichte migratie</b>	<p><i>stroomafwaarts:</i> Vis is er gebaat bij lange migratievensters met hoge debieten. Een soort als paling wordt wellicht beter aangetrokken door lange migratievensters en hoge debieten (Winter en Bierman 2010). Deze kan dan stroomafwaarts meezwemmen of zich laten meevoeren met de stroming. Een lang migratievenster heeft een grotere kans aan te sluiten bij migratiepieken.</p> <p><i>Stroomopwaarts</i> Gebaat bij migratievensters met geringe stroomsnelheid. Vissen die stroomopwaarts migreren hebben er baat bij om niet gehinderd te worden door langdurige hoge snelheden.</p>
<b>Dispersie</b>	<p>Uitwisseling van populaties zowel stroomopwaarts als stroomafwaarts. Hiervoor moeten de sluizen passeerbaar zijn, maar de eisen zijn minder hoog dan bij gerichte migratie, omdat het minder seizoensafhankelijk is.</p>

Een aanbeveling ter bevordering van de migratie is om het spuibeheer aan te laten sluiten op het natuurlijk migratiegedrag van vissen. Dit zou inhouden dat migratiemogelijkheden worden gecreëerd bij een klein peilverschil. Voor aal is het zinvol om met name migratiemogelijkheden in de avond te creëren, mogelijk in combinatie met een verlaagde stand of geknepen toestand van de schuiven. De stroomsnelheden zullen bij een klein peilverschil minder beperkend zijn voor migratie en bovendien kan de duur van de migratievensters verlengd worden door een geknepen toestand. Het effect van een geknepen toestand van de schuiven op het gedrag van migrerende vis kan echter wel een negatieve rol spelen. Alen die zich met de stroom mee lieten voeren bevonden zich vrijwel allemaal in het midden van de waterkolom. Wanneer deze alen in aanraking komen met de schuif kan dit mogelijk een schrikreactie teweeg brengen. Of dit gedrag zich daadwerkelijk voordoet kon niet worden waargenomen omdat dit buiten het zichtveld van de DIDSON zou plaatsvinden. Op 24 september is gemeten met stand 1 van de



schuiven. Tijdens deze meting zijn 19 alen waargenomen die zowel met de stroom mee als tegen de stroom in zwommen. Dit zelfde zwemgedrag werd ook waargenomen op 26 september, toen de schuif helemaal open stond (stand 5). Echter op 24 september zijn geen grote alen waargenomen die zich met de stroom mee lieten voeren (Figuur 11), wel enkele alen die tegen de stroom inzwommen. Theoretisch is het mogelijk dat migrerende alen buiten het DIDSON beeld in aanraking zijn gekomen met een bijna gesloten spuikoker en na een schrikreactie tegen de stroom in door het DIDSON beeld zwommen. Het feit dat er 26 september ook grotere aal tegen de stroom is waargenomen, bevestigt deze theorie niet en nader onderzoek kan hier uitsluitsel over geven. Uit andere onderzoeken is bekend dat alen vaak meerdere pogingen doen na een omkeerreactie (Jansen, Winter et al. 2007) en Griffioen, Winter et al (2012) ongepubliceerde resultaten (Griffioen, Winter et al. 2012). In dit geval zal een gesloten schuif daarom in het ergste geval vertraging of tijdelijke desoriëntatie opleveren.

Het Markermeer kent verschillende routes richting de Noordzee (Figuur 1). Om beter inzicht te krijgen welke migratie routes palingen gebruiken om vanuit het Markermeer naar de Noordzee te zwemmen kan een telemetrie studie uitkomst bieden. Een dergelijke studie zal voor paling zowel het gedrag als migratieroutes inzichtelijk maken. Hiermee kunnen de meest gebruikte migratieroutes, inclusief belemmeringen in kaart worden gebracht (Winter en Bierman 2010).

## **6 Kwaliteitsborging**

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

## Referenties

- "R Development Core Team" (2011). R: A language and environment for statistical computing.. Vienna, Austria., R Foundation for Statistical Computing.
- de Leeuw, J. J. (2000). Monitoringsprogramma IJsselmeer en Markermeer in de periode 1996-1999, IMARES.
- Dekker, W. (1995). Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren; bemonstering van de visstand op het IJsselmeer: statistische vergelijking van drie vistuigen op basis van historische vangstgegevens.
- Griffioen, A. B., H. V. Winter, et al. (2012). Mortality and behavioural patterns from migrating silver eel in de river Meuse (in prep.), Imares report.
- Jansen, H. M., H. V. Winter, et al. (2007). "Just go with the flow? Route selection and mortality during downstream migration of silver eels in relation to river discharge." Ices Journal of Marine Science **64**(7): 1437-1443.
- Mous, P. J. (2000). Interactions between fisheries and birds in IJsselmeer, The Netherlands - Proefschrift.
- Noordhuis, R. r. (2010). Ecosysteem IJsselmeergebied: nog altijd in ontwikkeling - Trends en ontwikkelingen in water en natuur van het Natte Hart van Nederland, Rijkswaterstaat ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- van Overzee, H. M. J., I. J. de Boois, et al. (2011). Vismonitoring in het IJsselmeer en Markermeer in 2010.
- Winter, H. V. and S. M. Bierman (2010). De uittrekmogelijkheden voor schieraal via de haringvlietsluizen. IJmuiden, IMARES.
- Winter, H. V., H. M. Jansen, et al. (2007). "Silver eel mortality during downstream migration in the River Meuse, from a population perspective." Ices Journal of Marine Science **64**(7): 1444-1449.
- Winter, H. V., H. M. Jansen, et al. (2006). "Assessing the impact of hydropower and fisheries on downstream migrating silver eel, *Anguilla anguilla*, by telemetry in the River Meuse." Ecology of Freshwater Fish **15**(2): 221-228.

## Verantwoording

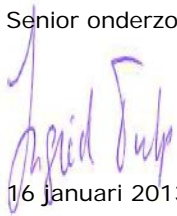
Rapport nummer : C161/12

Projectnummer : 4302101401

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Dr. I. Tulp  
Senior onderzoeker

Handtekening:



Datum: 16 januari 2013

Akkoord: Drs. J. Schobben  
Hoofd Afdeling Vis

Handtekening:



Datum: 16 januari 2013